

УДК 621.56:621.438:66.065.5

ГАЗОГІДРАТНИЙ ДОТИСКУВАЧ ПАЛИВНОГО ГАЗУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПУСКУ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ

Клименко В.В., проф., Босий М.В., викл., Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград, klymvas@ukr.net; Прилипо С.О., головний спеціаліст, СКБ, ПАТ «Сумське машинобудівне науково-виробниче об'єднання ім. М.В. Фрунзе», м. Суми

Газотурбінні установки застосовують в різних сферах промисловості та енергетики, зокрема, в нафтовій та газовій галузях в складі газоперекачувальних агрегатів транспортування газу, в енергетиці – в складі установок парогазових і газотурбінних електростанцій [1]. В якості палива в ГТУ використовують природний чи супутний нафтовий газ різного складу.

Технічні характеристики ГТУ передбачають подачу в камеру згоряння паливного газу певного тиску, але на практиці часто існують умови, коли тиск наявного мережевого природного газу, який доступний для використання в якості паливного газу, нижчий цього значення.

Для забезпечення паливним газом газотурбінної установки на період пуску при його тиску, нижче технологічно необхідного для роботи ГТУ, відомо застосування дотискувача у вигляді дотискного компресора [1, 2]. Але компресорне обладнання високовартісне, складне в обслуговуванні і вимагає додаткових витрат на підготовку газу [1, 2].

Разом з тим відомо також безкомпресорне стиснення газу шляхом застосування газогідратної технології [3, 4].

Згідно цієї технології стиснення газу до високого тиску здійснюється шляхом перевodu газу низького тиску в газогідрати при контакті з водою або водним розчином в замкненому об'ємі при відповідній температурі, підігріванням та плавленням утворених газогідратів в цьому ж об'ємі при більш високій температурі з виділенням газу та води при відповідно більш високому тиску.

Для забезпечення паливним газом газотурбінної установки на період пуску пропонується стискування паливного газу до технологічно необхідного здійснювати шляхом його перевodu в гідрати при контакті з водою або водним розчином при температурі, не вище рівноважної температури гідратоутворення паливного газу відповідної його тиску, накопичення та плавлення газгідратів з виділенням газу високого тиску та води при температурі плавлення, вище рівноважної температури гідратоутворення при тиску технологічно необхідному для забезпечення паливним газом газотурбінної установки на період пуску.

Основні процеси газогідратного способу зображені в p - t діаграмі на рис.1: Т. 1 – стан газу перед охолодженням; 1-2-3 – охолодження газу; Т. 2 – стан трифазної рівноваги; 3-4 – охолодження води; 4-3 – процес нагрівання водного розчину; Т. 4 – утворення газогідратів; 4-5 – підвищення тиску газогідратної суспензії; 5-6 – підігрівання суспензії; Т. 6 – плавлення газогідратів з видаленням газу і води; 6-3 – охолодження води; 3-5 – лінія трифазної рівноваги (газ-водний розчин-газогідрати).

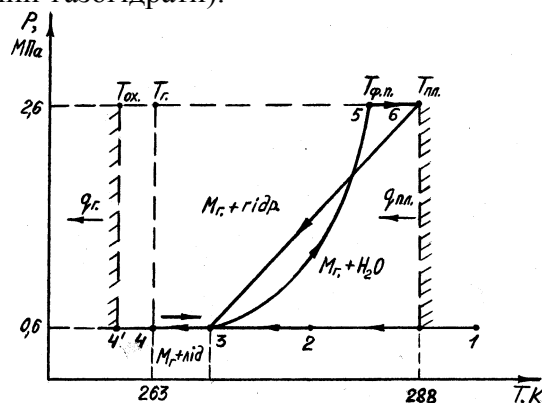


Рисунок 1 – Основні процеси газогідратного способу забезпечення пуску газотурбінної установки при недостатньому тиску паливного газу

Технологічна схема здійснення газогідратного способу представлена на рис. 2

Паливний газ охолоджують і в контакт з водним розчином при початковому тиску $p = 0,6$ МПа і $t = -10^{\circ}\text{C}$ утворюють газогідрати з відведенням теплоти гідратоутворення $Q_{\text{г}}$.

Утворені газогідрати накопичують, підігрівають до $t = 15^{\circ}\text{C}$ та плавлять шляхом підводу теплоти $Q_{\text{пл}}$ при $p = 2,6$ МПа в замкнутому об'ємі дотискувача з виділенням газу та води.

Водний розчин після плавлення газогідратів охолоджується до $t = 3-2^{\circ}\text{C}$ і надходить повторно для утворення газогідратів, а отриманий газ з тиском $p = 2,6$ МПа і $t = 15^{\circ}\text{C}$ подається в камеру згорання для забезпечення пуску газотурбінної установки.

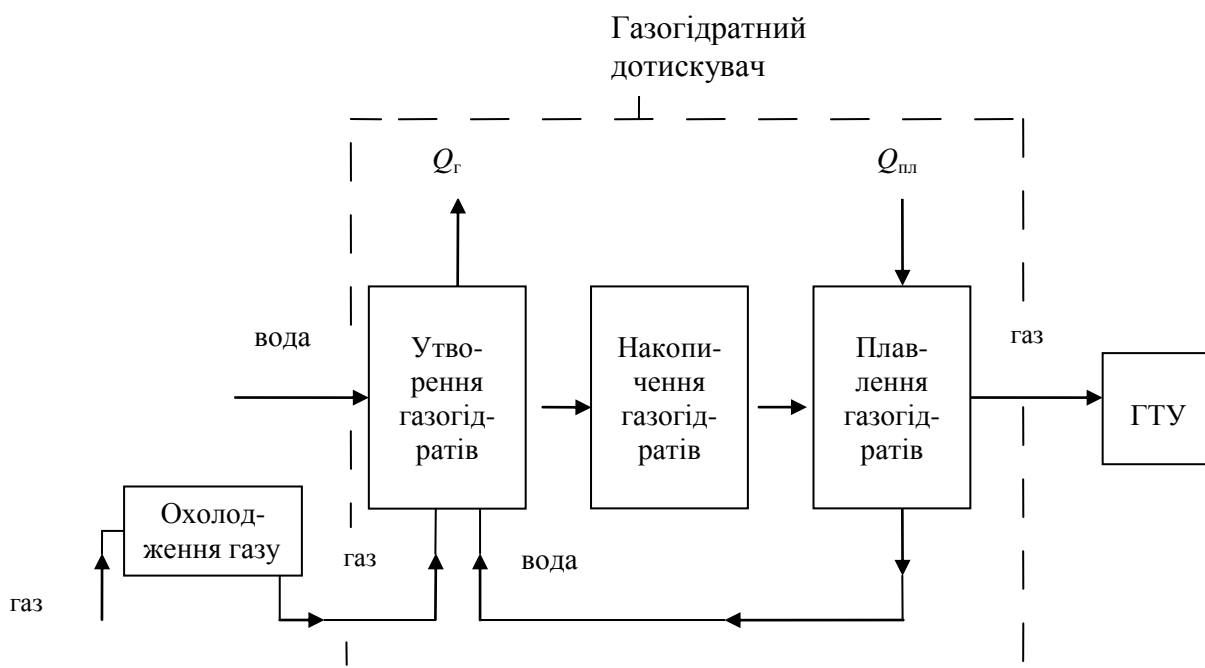


Рисунок 2 – Технологічна схема газогідратного способу

Метою є розробка дотискувача для забезпечення паливним газом газотурбінної установки на період пуску при його тиску, нижче технологічно необхідного для роботи ГТУ, що працює із застосуванням газогідратної технології.

Для вирішення поставленого завдання пропонується дотискувач паливного газу для забезпечення пуску газотурбінної установки, що включає кристалізатор-плавитель газогідратів та термотрансформатор, який складається з двох випарників-конденсаторів, регулюючого вентиля та компресора, з'єднаних трубопроводами. Один з випарників-конденсаторів термотрансформатора розміщений в кристалізаторі-плавителі, вхід якого з'єднаний з трубопроводом паливного газу низького тиску, а вихід – з камерою згорання газотурбінної установки, причому вхід та вихід випарників-конденсаторів через запірні вентиля і дросельний вентиль з'єднані трубопроводами із всмоктувальною та нагнітальною сторонами компресора термотрансформатора.

Схема газогідратного дотискувача паливного газу для забезпечення пуску газотурбінної установки зображена на рис. 3: 1 – компресор; 2 – випарник-конденсатор, що працює як конденсатор при утворенні гідратів і як випарник при їх плавленні; 3 – ресивер; 4 – регулюючий вентиль; 5 – кристалізатор-плавитель, що працює як кристалізатор в режимі утворення газгідратів і як плавитель у режимі їх плавлення; 6 – випарник-конденсатор, що працює як випарник при утворенні гідратів і як конденсатор в режимі їх плавлення; 7 – трубопровід подачі паливного газу низького тиску; 8 – трубопровід подачі стиснутого паливного газу до ГТУ; стрілками на суцільній лінії комунікацій

позначено напрям руху холодильного агента в режимі утворення і зберігання газогідратів, а на пунктирній лінії – у режимі плавлення газогідратів.

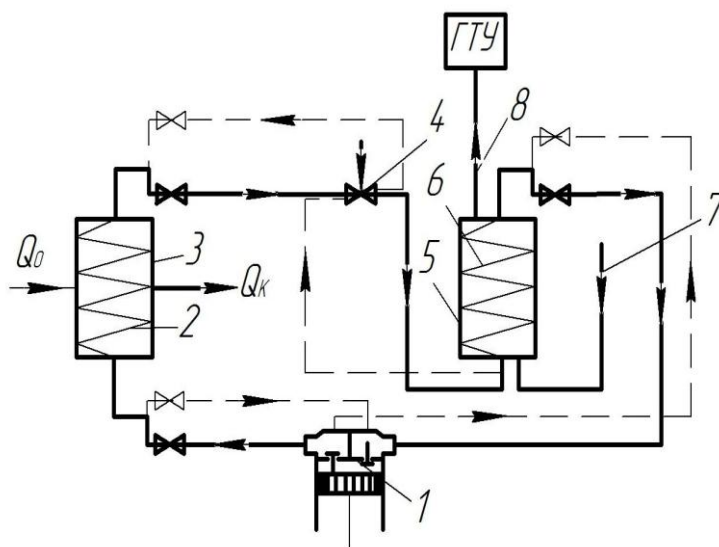


Рисунок 3 – Схема газогідратного дотискувача паливного газу для забезпечення пуску газотурбінної установки

Газогідратний дотискувач паливного газу для забезпечення пуску газотурбінної установки, наприклад природний газ наступного складу: CH_4 – 94,12 %; C_2H_2 – 2,92 %; C_3H_8 – 0,92 %; C_4H_{10} – 0,42 %; C_3H_{12} – 0,11 %; CO_2 – 1,22 %; N_2 – 0,15 %; C_{6+} – 0,14 %, з , при тиску паливного газу $p = 0,6$ МПа і температурі $t = 25$ °С працює наступним чином. Потік газу 7 при таких параметрах надходить до кристалізатора газогідратів 5, де при контакті з охолодженим водним розчином утворюються газогідрати при тиску $p = 0,6$ МПа і температурі $t = -10$ °С. Теплота гідратоутворення $Q_{\text{Г}}$ сприймається випарником 6, розміщеним в реакторі 5. Парі холодильного агента відсмоктуються компресором 1, стискаються і направляються в конденсатор 2, в якому конденсуються з відведенням теплоти $Q_{\text{к}}$ до зовнішнього середовища. Рідкий агент через регулюючий вентиль 4 знову надходить у випарник 6.

Отже, при роботі дотискувача в режимі утворення і накопичення газогідратів випарник-конденсатор 2 працює як конденсатор, а випарник-конденсатор 6 – як випарник.

У режимі плавлення гідратів з виділенням газу при тиску $p = 2,6$ МПа і температурі $t = 10$ °С він подається в камеру згорання газотурбінної установки. Теплота $Q_{\text{пл}}$ підводиться від агента, пари якого конденсуються в випарнику-конденсаторі 6, що тепер виконує функцію конденсатора. Сконденсований агент через регулюючий вентиль 4 знову поступає в випарник-конденсатор 2, що тепер виконує функцію випарника і випаровується внаслідок підведення теплоти від зовнішнього середовища Q_0 , а утворені пари відсмоктуються компресором 1, стискаються і направляються в конденсатор 6.

Таким чином, запропонований газогідратний дотискувач забезпечує пуск газотурбінної установки при наявності паливного газу, тиск якого нижче технологічно допустимого. Крім того, при реалізації пристрою відпадає потреба в більш складному високовартісному компресорному обладнанні, яке вимагає додаткових витрат на підготовку газу.

Список інформаційних джерел

1. Костюк А.Г., Шерстюк А.И. Газотурбинные установки / А.Г. Костюк, А.И. Шерстюк. – М.: Высшая школа, 1979. – 254 с.
2. Рудаченко А.В. Газотурбинные установки для транспорта природного газа / А.В. Рудаченко, Н.В. Чухарева – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 217 с.
3. Макогон Ю.Ф. Способ подъема давления природного газа. Авторское свидетельство СССР № 237770, МПК F21f. Опубликовано в Бюл. № 9 – 20.11.1969.
4. Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов / Ю.Ф. Макогон – М.: Недра, 1974. – 310 с.